

Uma Aplicação de Inteligência Artificial e Estatística Clássica na Relação entre Indicadores de Capital de Giro e o Risco da Empresa

Lucas Pereira Lopes – luccas.lopes@live.com

Universidade Federal de Alfenas – MG

Beatriz Rezzieri Marchezini – bia_marchezini@hotmail.com

Universidade Federal de Alfenas - MG

Gabriel Rodrigo Gomes Pessanha – gabrielrgp@gmail.com

Universidade Federal de Alfenas – MG

Área: Gestão Financeira

RESUMO

Analisar quais variáveis possam influenciar o risco das empresas é uma nova área dentro das finanças corporativas, que tem por essência um papel fundamental na gestão das organizações. Portanto, este trabalho tem por objetivo verificar a relação entre os indicadores de capital de giro e o risco das empresas (beta) do modelo CAPM das companhias de capital aberto do segmento de siderurgia, no período de 1998 a 2015. Para tanto e em jus ao objetivo, utilizou-se dois modelos matemáticos aplicados à gestão, a regressão linear múltipla e o sistema baseado em regras *fuzzy*. Destaca-se que o modelo de regressão linear múltipla é uma ferramenta consagrada no cálculo de relação de variáveis, permitindo uma análise mais quantitativa, já o sistema baseado em regras *fuzzy* tem sido destacado na literatura, principalmente na área de gestão, como um modelo promissor para essa mesma verificação, portanto, possibilitando estabelecer comparações. O software utilizado foi o R Studio 2015. Através dos resultados obtidos, é notória a aplicabilidade dos dois modelos na descrição dos dados, no entanto, o modelo baseado em regras fuzzy se sobressaiu sobre o de regressão linear múltipla.

Palavras-chave: Regressão Linear Múltipla, Lógica *Fuzzy*, CAPM, Capital de Giro.

1. Introdução

O *Capital Asset Pricing Model*, mais conhecido como modelo CAPM, estabelece uma relação linear entre risco e retorno para todos os ativos. O modelo desenvolvido por Sharpe (1964) institui que o retorno esperado de equilíbrio para um ativo é igual ao de um ativo livre de risco acrescido de um prêmio de mercado, ponderado por um beta. Esse beta é apresentado como o coeficiente de risco sistemático, onde se mede o risco da empresa (MARKOWITZ, 1959).

Os autores citados acima explicam que o risco de um ativo pode ser dividido em dois: o risco sistemático, também chamado de não diversificável e, o não-sistemático, que pode ser chamado de risco diversificável. O risco sistemático, o beta, de acordo com o modelo CAPM, é calculado por meio da relação da covariância entre os retornos do título livre de risco com o retorno da carteira de mercado com a variância de mercado. Logo, o beta é a medida da sensibilidade dos retornos da carteira do mercado (HENDRIKSE e VAN BREDÁ, 1992).

Na literatura sobre o risco sistemático, diversos estudos vêm sendo realizados a fim de verificar a relação entre o risco da empresa e outras variáveis, assim como: variável referente à sustentabilidade (SILVA e QUELHAS, 2006), liquidez (CORREIA, AMARAL, e BRESSAN, 2008), o efeito valor e efeito tamanho (RODRIGUES e LEAL, 2000) e outras. Autores como Flávio Ribeiro et al. (2013) e Cardoso e Amaral (2000) mostram que o risco da empresa sofre influência dos indicadores de capital de giro, mas ainda assim são escassas as pesquisas que pretendem investigar a relação do beta do modelo CAPM com os indicadores de capital de giro.

Dessa forma, a presente análise tem por objetivo verificar a relação entre os indicadores de capital de giro e o risco das empresas (beta) do modelo CAPM das companhias de capital aberto do segmento de siderurgia, no período de 1998 a 2015. Para tanto e em jus ao objetivo, utilizou-se dois modelos matemáticos aplicados à gestão, a regressão linear múltipla e o sistema baseado em regras *fuzzy*.

Este estudo pretende ajudar a preencher as lacunas que existem na literatura nacional sobre o entendimento do comportamento das variáveis de capital de giro com o risco (beta) das empresas. Além disso, busca-se uma comparação de dois modelos matemáticos, o que fornece subsídios para discussão da aplicabilidade dos mesmos em indicadores financeiros e econômicos. O objeto de análise, as siderurgias, foi escolhido por ser um segmento representativo dentro da Bolsa de Valores de São Paulo – BM& F Bovespa e por sua representatividade no cenário econômico atual, justificado na seção 3.1.

As seções restantes deste artigo estão estruturadas da seguinte forma: a seção dois apresenta o referencial teórico, a seção três mostra a metodologia aplicada para realizar a análise empírica; na seção quatro analisam-se os resultados dos modelos aplicados; e as considerações finais traçadas após a análise dos dados estão descritas na quinta e última seção.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Modelo CAPM e o beta

O CAPM mensura o custo de capital próprio, ou seja, a taxa de retorno requerida para investimento dos fundos dos acionistas na empresa. Este modelo considera que a taxa de retorno requerida se dá em relação a uma taxa de juros livre de risco, um prêmio pelo risco de mercado e uma métrica de risco da empresa em relação ao mercado, sendo então o coeficiente beta.

Um ativo pode ter seu risco total dividido em duas partes, a sistemática e a diversificável. A primeira parte do risco é determinada por fatores da conjuntura do mercado que atingem todas as empresas e, portanto esse risco é inerente à carteira independente da diversificação. Como exemplo a esse risco são as crises cambiais, crise política, guerras, inflação etc.

Já o risco diversificável é aquele que pode ser diminuído pela diversificação e somente é identificado apenas no contexto específico da empresa. Assim, o investidor deve exigir remuneração apenas do risco sistemático inerente.

Dada a importância do risco sistemático, salienta-se a relevância do estudo do mesmo. O risco sistemático embutido em um título é medido, pelo modelo CAPM, através do coeficiente beta.

Um ativo com beta igual a 1,0 entende-se que seu retorno desloca-se na mesma direção e com a mesma intensidade do retorno médio da carteira de mercado. Portanto, neste caso, o risco do ativo é igual ao risco sistemático da carteira de mercado. Quando um ativo tem o beta maior que 1,0 isso indica um risco maior que o de mercado. Ao contrário a isto, quanto o beta é menor que 1,0, o ativo apresenta uma volatilidade menor que a de mercado, indicando um risco menor que o risco sistemático presente na carteira de mercado, e também menor expectativa de retorno.

Algebricamente, o custo de capital próprio, pelo modelo CAPM é obtido pela seguinte fórmula:

$$Ke = R_f + \beta(R_M - R_f),$$

onde Ke representa a taxa de retorno requerida para o investimento, R_f é a taxa de retorno de um ativo livre de risco, R_M é a taxa de retorno da carteira de mercado e o β é o coeficiente beta do título e $R_M - R_f$ é o prêmio pelo risco de mercado.

Já o beta é calculado pela expressão abaixo:

$$\beta = \frac{Cov(R_f, R_M)}{Var(R_M)}$$

Onde β é o beta, Cov é a covariância, R_f é o retorno do ativo livre de risco, R_M é o retorno de mercado e Var é a variância.

Embora o modelo apresente algumas limitações, o CAPM é muito útil para avaliar e relacionar risco e retorno, sendo o mais utilizado na literatura das finanças corporativas para a estimação do custo de capital próprio.

2.2 Análise de Capital de Giro

Há na literatura duas metodologias para a análise de balanços, sendo a tradicional e a dinâmica. A primeira é uma técnica que auxilia na elaboração de índices que captam a atual situação da empresa, mostrando onde a empresa poderia melhorar. No entanto, esta

técnica não permite fazer projeções e analisar tendências e, por isso foram desenvolvidos os modelos dinâmicos de análise de balanços.

Assim, com a necessidade de uma técnica que se analisa os resultados passados da empresa e também fornecesse subsídios para uma análise de tendência futura é que surgiu os modelos dinâmicos, também conhecido como modelo Fleuriet. Seu criador, Fleuriet, a partir dos ciclos presentes no balanço patrimonial de uma organização, tanto o financeiro quanto o econômico, reclassificou as contas do balanço, de acordo com a velocidade com que as mesmas se movimentam, conforme a Figura 1. Com isso, em uma análise de curto prazo, é possível verificar as contas que tem como características um movimento cíclico.

ATIVO		PASSIVO	
ATIVO CIRCULANTE	CIRCULANTE Disponibilidades Numerário em caixa Bancos conta movimento Títulos e valores imobiliários Aplicações financeiras	CIRCULANTE Duplicatas descontadas Empréstimos bancários a CP Saques cambiais descontados Títulos a pagar CP Dividendos a pagar CP Debêntures CP	PASSIVO CIRCULANTE
	CONTAS CÍCLICAS Duplicatas a receber Estoques de produtos acabados Estoques de produtos em processo Estoques de matérias-primas Outras contas operacionais	CONTAS CÍCLICAS Fornecedores de matérias-primas Impostos a pagar Salários e encargos a pagar Outros adiantamentos Outros passivos circulantes	
ATIVO NÃO CIRCULANTE	REALIZÁVEL A LONGO PRAZO Empréstimos a LP de terceiros Títulos a receber de LP Aplicações financeiras de LP	EXIGÍVEL A LONGO PRAZO Empréstimo bancários a LP Financiamentos a LP	PASSIVO NÃO CIRCULANTE
	PERMANENTE Investimentos Imobilizado Diferido	PATRIMÔNIO LÍQUIDO Capital Social Reservas Lucros acunulados	

Figura 1 – Reclassificação do balanço patrimonial de acordo com o modelo Fleuriet

Fonte – Adaptado de Fleuriet, Kehdy e Blanc (2003, p.8)

Elaborada a reclassificação, o modelo proposto por Fleuriet calcula o primeiro índice de análise, a necessidade de capital de giro (NCG), que é obtida da diferença entre o ativo cíclico e o passivo cíclico. Se esta métrica for positiva, significa que a empresa precisa de recursos financeiros para que seu negócio continue a operar.

A segunda variável do modelo Fleuriet é o capital de giro (CDG). De uma maneira geral, os fundos permanentes da empresa são utilizados para financiar as aplicações permanentes, ou seja, o patrimônio líquido e certas contas do passivo a longo prazo vão financiar o ativo permanente da empresa. Essas contas são denominadas de contas não cíclicas. O que sobra das contas do passivo cíclico após financiar o ativo cíclico representa o capital de giro da empresa. No modelo clássico, o CDG é igual a diferença entre o ativo circulante e o passivo circulante, no modelo dinâmico, este é calculado pela diferença entre o passivo permanente e o ativo permanente, que resulta no mesmo valor (Fleuriet, 1978).

Quando o CDG resultar em um valor negativo, isso leva a interpretação de que a empresa financia parte do seu ativo permanente com recursos de curto prazo. Quando combinado com a necessidade de capital de giro (NCG) negativa, a empresa pode se desenvolver mesmo assim.

A terceira e última variável do modelo trata do saldo de tesouraria (ST), que é a diferença entre o CDG e a NCG. Um saldo de tesouraria positivo significa que a empresa tem uma necessidade de capital de giro abaixo do capital de giro disponível. Já se o contrário ocorre, significa que a empresa financia parte de sua necessidade de capital de giro com fundos de curto prazo.

3. Metodologia

3.1 Descrição da Amostra e coleta dos dados

Para a escolha das empresas foi utilizado como parâmetro as empresas do segmento de siderurgia listadas na Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) que apresentaram dados necessários para o cálculo dos indicadores de capital de giro e o beta a partir do ano de 1994. O recorte na data de 1994 foi utilizado para o modelo não sofrer influência da desestabilização da moeda nos anos precedentes ao Plano Real.

O setor de Siderurgia foi escolhido em razão de ser um dos setores que apresenta maiores quantidades de características de estoque, fornecendo base para os cálculos de capital de giro. A escolha do setor oportuna também quando levando em conta uma série de expectativas favoráveis para a cadeia produtiva da atividade nos próximos anos, no qual se destaca a expansão da construção civil, a realização das Olimpíadas em 2016, as ações do governo federal, como o programa PAC (Aceleração do Crescimento) e Minha Casa Minha Vida.

Das seis empresas do segmento de siderurgia, cinco empresas apresentavam os dados e, por este motivo compuseram o recorte no período de 1998 a 2015, totalizando em 17 anos. O período escolhido deve-se a relativa disponibilidade de dados quando do início da pesquisa. A partir do banco de dados *Econômica* e do site da Bovespa, obteve-se as demonstrações e foram calculadas as variáveis para o estudo. Os dados são anuais e foram corrigidos pela inflação.

3.2 Modelagem das variáveis

Como variável dependente do modelo, utilizou-se o risco das empresas (beta), que é dado pela covariância entre o retorno do ativo livre de risco e o retorno da carteira de mercado pela variância do retorno da carteira do mercado. Assim, a cada ano tem um beta do segmento de siderurgia.

$$\beta_j = \frac{Cov(R_a, R_m)}{Var(R_m)}$$

Onde:

β_j = coeficiente beta

$Cov(R_a, R_m)$ = covariância entre o retorno do ativo livre de risco j , R_a e o retorno da carteira de mercado R_m

$Var(R_m)$ = variância do retorno da carteira do mercado.

Como variáveis de entrada, temos os indicadores de capital de giro. Para o cálculo das variáveis utilizou-se a metodologia aplicada por Machado et al. (2005). A diferença entre os investimentos (ACO) e financiamentos (PCO) provenientes das atividades da empresa resulta no valor que a empresa necessita para financiar o giro, denominada Necessidade de Capital de Giro (NCG), logo:

$$NCG = ACO - PCO$$

Denominado pelo Fleuriet, a diferença entre o capital de giro e a necessidade de capital de giro é o Saldo de Tesouraria. O saldo de tesouraria identifica o grau de utilização de recursos de terceiros de curto prazo para financiar as necessidades de capital de giro (Machado et. al, 2005).

$$ST = CDG - NCG$$

Mesmo não entrando no modelo final, definamos a variável capital de giro. Logo, capital de giro é denominado como a diferença entre o ativo e o passivo circulantes (AC e PC, respectivamente), que representa o montante de recursos a longo prazo utilizados para financiar o giro da empresa. Portanto:

$$CDG = AC - PC$$

3.2.1 Variável de Controle

Utilizou-se neste trabalho uma variável de controle entre a relação do risco e os indicadores de capital de giro. Adotou-se o tamanho da empresa (TM) como variável controle, pois segundo Titman e Wessels (1998), empresas maiores tendem a apresentar maiores endividamentos, menores custos e, por isso, menor risco. Para este trabalho, utilizou-se como *proxy* para o tamanho da empresa o logaritmo natural do ativo total da empresa.

3.3 Modelos Matemáticos Utilizados

Neste trabalho serão utilizados dois modelos matemáticos para mensuração do risco da empresa.

3.3.1 Regressão Linear

A análise de regressão fundamenta-se em definir uma função estatística a fim de descrever o comportamento de uma variável específica, denominada variável dependente com base na relação desta variável dependente com uma ou mais variáveis, denominadas independentes. A ideia principal da regressão é mensurar um possível grau de dependência estatística da variável dependente em relação a uma ou mais variáveis independentes. Em alguns casos o problema a ser solucionado envolve apenas uma variável independente enquanto em outros casos, mais de uma (Corrar, Paulo, & Filho, 2007). Na equação 1 é exibido o modelo utilizado:

$$Y_i = \gamma + \beta_1 NCG + \beta_2 ST + \beta_3 TM + \varepsilon_i \quad (1)$$

Onde: Y = Beta (risco sistemático); γ = Intercepto; NCG = Necessidade de Capital de Giro; ST = Saldo de Tesouraria; TM = Tamanho da Empresa; β_i = parâmetros regressores; ε_i = erro residual.

3.3.1.1 Procedimentos econométricos

Alguns testes estatísticos foram aplicados para verificar se houve atendimento aos pressupostos da regressão linear múltipla. Foram três os principais testes; 1) teste Shapiro-Wilk para verificar se os resíduos possuem distribuição normal; 2) teste de White, para avaliar a ausência de heterocedasticidade; e 3) estatística VIF (variance inflating factor), para verificar a ausência de multicolinearidade.

3.3.2 Sistema Baseado em Regras Fuzzy

A lógica *fuzzy* tem participado da modelagem de informações ambíguas. De fato, esta teoria tem demonstrado possuir grande poder de aplicação em problemas de gestão, dado o tipo de incerteza envolvido nos processos de tomada de decisões mediante a análise das Demonstrações Contábeis. Periódicos e revistas, como a *International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management* tratam da aplicação dos sistemas nebulosos e inteligentes no mundo dos negócios.

Um sistema baseado em regras *fuzzy* é composto pelos seguintes módulos: o módulo defuzzificação, de base de regras, de inferência *fuzzy* e de defuzzificação. Para mais detalhes, ver Bellucci (2009).

Para encontrar a relação entre o risco da empresa e as variáveis de capital de giro, criou-se um sistema baseado em regras *fuzzy* (SBRF), definindo um processador de entrada, um conjunto de regras linguísticas, um método de inferência *fuzzy* e um processador de saída.

As variáveis de entrada e de saída do SBRF proposto foram as mesmas variáveis da regressão linear múltipla. O processo de fuzzificação é o processo de atribuir nomes no universo de discurso de cada entrada. Entende-se por universo de discurso, o domínio que se dá a um determinado conjunto. Assim, na definição do universo de discurso foi utilizada a escala de Matarazzo (2003). Os dados foram analisados e classificados e a cada variável do modelo foi atribuída uma variável qualitativa, de acordo com a sua posição em relação ao decil. As sete classificações foram: Péssimo, deficiente, fraco, razoável, satisfatório, bom e ótimo.

Para a obtenção da base de regras do sistema *fuzzy*, considerou-se as regras geradas pelo algoritmo do pacote 'frbs' do programa R studio (R Core Team, 2015), resultando em 35 regras.

O método de inferência utilizado para o cálculo do valor numérico da variável de saída de acordo com a base de regras foi o de Mamdani. E para a defuzzificação foi adotado o método do Centro de Gravidade, pois é a técnica mais utilizada na literatura.

3.4 Modelo Conceitual Teórico

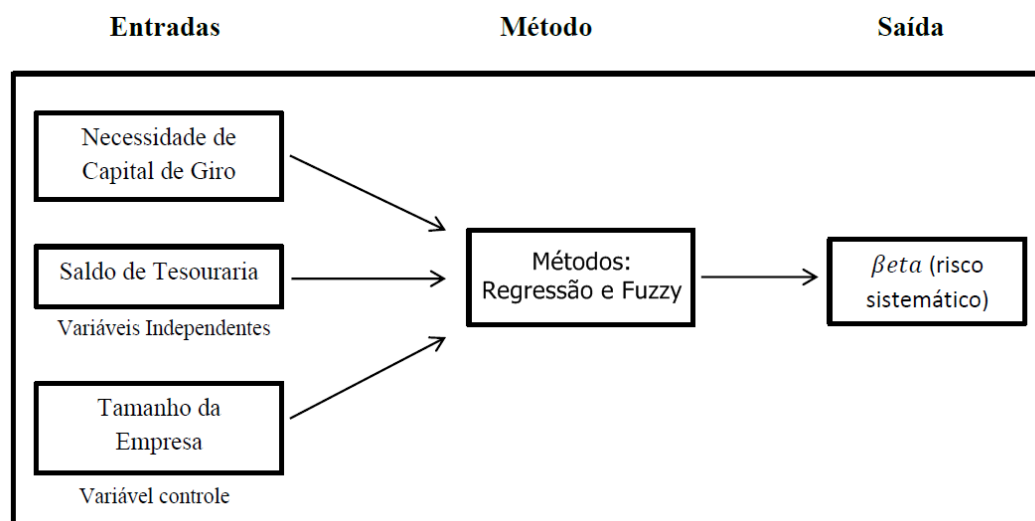


Figura 2 – Modelo conceitual teórico
 Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

4. Análise dos Resultados e Discussão

Na avaliação dos procedimentos econométricos, com base no teste Shapiro-Wilk a hipótese H_0 de que os resíduos seguem uma distribuição normal não foi rejeita ($p=0,1924$), portanto os resíduos seguem uma distribuição normal. Aplicando o teste de White no modelo inicial encontramos uma estatística TR^2 de 17,568559 e p-valor igual a 0,040522. Portanto, rejeitamos a hipótese nula de NÃO existência de heterocedasticidade. A presença de heterocedasticidade ainda que não cause vieses nos coeficientes, invalida os erros-padrão e demais estatísticas usuais. Como meio de corrigir esse problema, utilizou-se estimação com erros padrão Newey-West, tal método é reconhecido por não somente corrigir vieses causados pela autocorrelação como também de Heterocedasticidade. A estatística VIF mostra que não há presença de multicolinearidade, pois todos os valores foram menores que 10. Portanto, respeitando os principais pressupostos da regressão linear múltipla, parte-se para a análise dos modelos.

Abaixo segue a análise dos dados da regressão antes da comparação dos dois modelos matemáticos. A Tabela 1e 2 apresentam-se os resultados do modelo de regressão de dados em painel.

Tabela 1 – Estatística do modelo

<i>Estatística de regressão</i>	<i>Valores</i>
R múltiplo	0,7667
R-Quadrado	0,5879
R-quadrado ajustado	0,5726
Erro padrão	0,1674
Observações	85
F de significação	1,43159E-15

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Conforme apresentado na Tabela 1, a função da regressão apresentou um coeficiente de correlação de 0,7667. O valor dessa correlação ao quadrado é o chamado coeficiente de

determinação e indica que 58,79% da variância das variáveis independentes é explicada por esse modelo. Segundo Levine et al. (2000), alguns pesquisadores indicam que, para fazer a interpretação do coeficiente de determinação, seja calculado um coeficiente ajustado que demonstre tanto o número de variáveis explicativas no modelo quanto o tamanho da amostra. Para atingir as recomendações, pode-se notar que 57,26% da previsão do retorno é explicada via coeficiente de determinação ajustado. Portanto, 58,79% dos betas são explicadas pelas variáveis independentes do modelo.

O teste F de significância do coeficiente de determinação, ou simplesmente teste F, foi elaborado para um nível de significância de 5%, e conforme a Tabela 1, com um resultado inferior a 1% pode-se afirmar que o valor do R-quadrado ajustado é confiável e significativo, mostrando que o modelo está bem ajustado.

Na Tabela 2 apresentam-se os coeficientes do modelo de regressão, e também outro teste de significância estatística da relação linear entre as variáveis dependente e independente, o teste t.

Tabela 2 – Resultado do modelo de regressão

	<i>Coeficientes</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	-0,352424798	-1,53301	0,129169
NCG	2,02E-08	2,291639	0,024523
ST	4,73E-08	7,077661	4,77E-10
ln(Tamanho)	0,029089664	1,919443	0,05845

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Conforme a Tabela 2, o coeficiente da variável Necessidade de Capital de Giro foi significativo e positivo ($\gamma = 2,02262E-08$) ao nível de 5%, sugerindo que o risco é afetado pela busca de novas fontes de recursos externos para o financiamento das atividades das empresas. A segunda variável, saldo de tesouraria apresentou uma relação positiva ($\gamma = 4,72779E-08$) e significativa com o beta, indicando que para este modelo o risco do segmento aumenta mesmo quando a empresa possui uma folga financeira. A variável de controle do modelo também apresentou coeficiente positivo e indica que um aumento do tamanho da empresa há um incremento de risco, esta variável também possui significância estatística. Pelo teste t, a variável saldo de tesouraria é a mais significativa para o modelo ajustado.

Buscando responder o principal objetivo do trabalho, para a avaliação dos modelos utilizou-se os mesmos dados da fase de treino, pois a princípio, os modelos propostos são para descrever e não prever. Os modelos foram avaliados por meio das medidas estatísticas: coeficiente de correlação (r) e análise da distribuição dos resíduos (Pires, 2004).

Analisando o desempenho dos modelos (Tabela 3), observa-se:

Tabela 3 – Correlação do valor real e predito pelos modelos

Modelo	r
Regressão	0,76675
Fuzzy	0,82338

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Portanto, o modelo *fuzzy* se sobressaiu sobre o modelo de regressão em relação à correlação entre os valores preditos e o real valor.

A Figura 3 apresenta o gráfico dos erros e a Figura 4 o histograma dos erros.

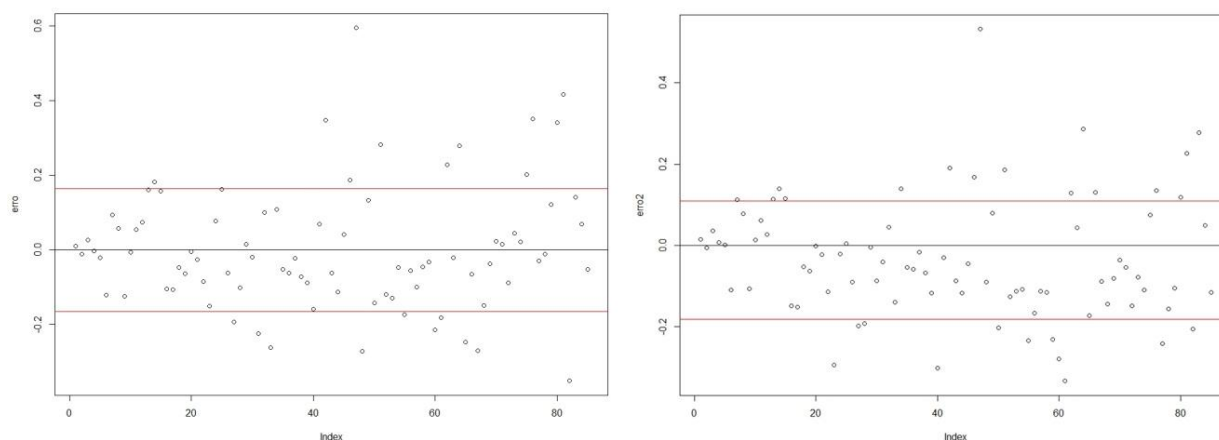


Figura 3 – Gráfico de erros entre o observado e o previsto pelos modelos

Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

Analisando a Figura 3 nota-se que os modelos possuem uma distribuição dos resíduos na faixa de $-0,2\%$ a $+0,2\%$ (lado esquerdo se refere ao modelo de regressão e do lado direito ao modelo *fuzzy*). A média dos erros do modelo de regressão foi de $1,411765e-10$ com desvio padrão de $0,1644173$ e a média dos erros do modelo *fuzzy* foi de $-0,03568948$ com desvio padrão de $0,1457082$. Nota-se que a maioria dos desvios está em torno de zero, o que demonstra que os modelos estão conseguindo descrever os valores.

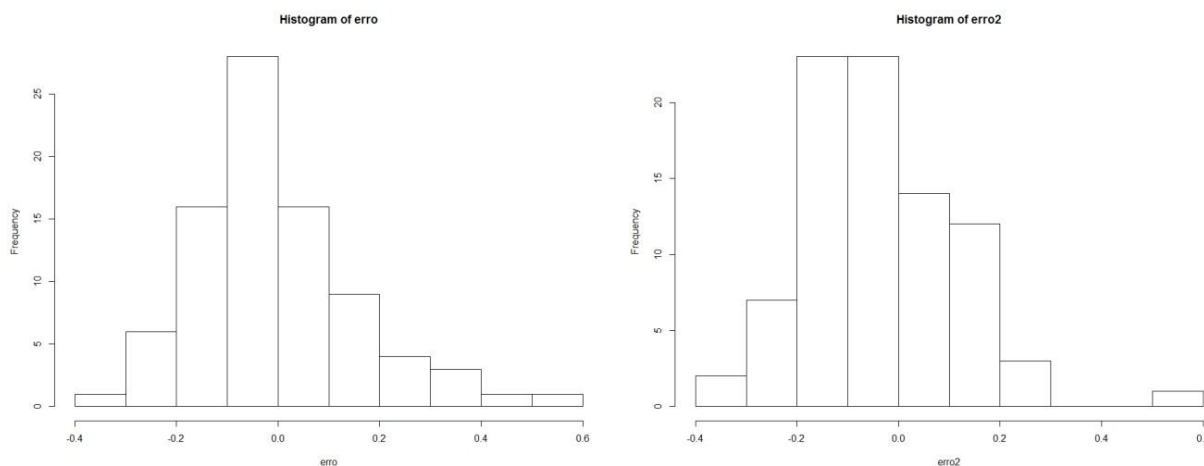


Figura 4 – Histogramas dos erros dos dois modelos

Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

O histograma mostra que os erros estão em torno de zero, o histograma do lado esquerdo se refere ao modelo de regressão e o do lado direito o do modelo *fuzzy*. Ou seja, os modelos estão conseguindo descrever os dados. Os histogramas confirmam o que a Figura 3 mostra, ou seja, os desvios em relação aos valores reais estão próximos de zero.

De acordo com o gráfico da Figura 5, há um indicio de acurácia entre os resultados obtidos, este resultado é obtido plotando os resultados obtidos e os observados na forma de série conforme a ordem que estavam no banco de dados.

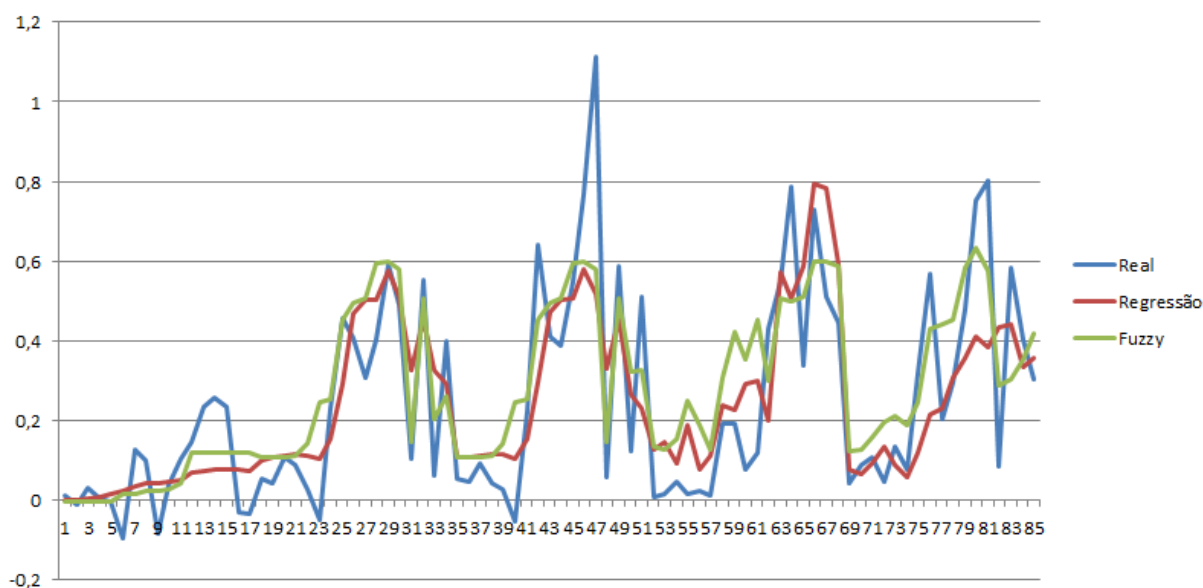


Figura 5 – Gráfico dos valores reais e os estimados
 Fonte: Elaborada pelos autores (2016)

Na Figura 5 pode-se observar a validação dos modelos analisando as distorções apresentadas, uma vez que a linha azul é o valor real dos observados, a linha vermelha é o previsto pelo modelo de regressão e a verde pelo modelo *fuzzy*.

5. Considerações Finais

Neste trabalho de pesquisa procurou-se descrever o risco da empresa (beta do modelo CAPM) em relação a indicadores de capital de giro, utilizando-se dois modelos matemáticos aplicados à gestão - Regressão Linear e Sistema Baseado em Regras *Fuzzy*.

Os resultados podem ser considerados satisfatórios, visto que foi possível estabelecer comparações entre os dois modelos para mensurar do risco das empresas. Destaca-se que o modelo de regressão linear é uma ferramenta consagrada no cálculo de relação de variáveis, permitindo uma análise mais quantitativa, já o sistema baseado em regras *fuzzy* tem sido destacado na literatura, principalmente na área de gestão, como um modelo promissor para essa mesma verificação, portanto, possibilitando estabelecer comparações.

Ambos os modelos provê um manuseio amigável no software R Studio 2015 para seu desenvolvimento, o que torna as duas ferramentas acessíveis e de mesma facilidade.

Como análise numérica, percebe uma pequena vantagem do modelo *fuzzy* sob o modelo de regressão linear para descrever o comportamento do risco da empresa em relação a indicadores de capital de giro. Pela potencialidade do modelo *fuzzy* em relação a incorporação de subjetividade humana no modelo, como trabalho futuro fica a incorporação da opinião de um especialista para a elaboração das regras *fuzzy* e não a implementação do algoritmo. Outra sugestão para trabalhos futuros é comparar os modelos pelas métricas kappa e a curva roc.

6. Referências Bibliográficas

- BELLUCCI, D. P. **Sistemas Baseados em Regras Fuzzy e Aplicações**. Dissertação de Mestrado em Matemática Aplicada, Universidade Federal do ABC, 2009.
- CARDOSO, D.; AMARAL, H. F. Correlacionando o beta do modelo CAPM – Capital Asset Pricing Model com as variáveis do modelo Fleuriet: uma análise da siderúrgica Belgo Mineira. In. Congresso *EnANPAD*, 4, 2000. Florianópolis. Anais ... Florianópolis, 2000.
- CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. Ed. Atlas, 2007.
- CORREIA, L. F.; AMARAL, H. F.; BRESSAN, A. A. O efeito da liquidez sobre a rentabilidade de mercado das ações negociadas no mercado acionário brasileiro. **BASE**, v.5, p. 109-119, 2008.
- FLEURIET, M.; KEHDY, R.; BLANC, G. **A Dinâmica financeira das empresas brasileiras: um novo método de análise, orçamento e planejamento financeiro**. Belo Horizonte: Fundação Dom Cabral, 1978.
- HENDRIKSEN, E. S.; VAN BRED, M.F. **Accounting Theory**. 5 ed. USA: Irwing, 1992.
- LEVINE, D.M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. **Estatística: Teoria e aplicações**. Rio de Janeiro, LTC, 2000.
- MARKOWITZ, H. **Portfolio Selection: Efficient diversification of investments**. New York: Wiley, 1959.
- MATARAZZO, D. C. **Análise Financeira de Balanços**. 6a ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- PIRES, L. M. **Ajuste e Diagnóstico de Modelos Estocásticos Lineares e Não-Lineares para a Descrição do Perfil Longitudinal de Árvores** – Dissertação de Mestrado, UFLA, 2004.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>, 2015.
- RIBERO, F.; SILVA, P. Y. C.; BARBOSA, J. S.; FREGA, J. R. Indicadores de Capital de Giro e Beta: Um Estudo no Mercado de Capitais Brasileiro. **Revista de Finanças Aplicadas**. pp.1-15, 2013.
- RODRIGUES, M. R. A.; LEAL, R. P. C. O efeito valor, o efeito tamanho e o modelo multifatorial: evidências do caso brasileiro. **Relatórios Coppead**, 338, 2000.
- SHARPE, W. F. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. In: **Journal of Finance** v.19, no 3: 425-442, 1964.
- SILVA, L. A.; QUELHAS, O. L. G. Sustentabilidade empresarial e o impacto no custo decapital próprio das empresas de capital aberto. **Gestão e Produção**, São Paulo, v. 13, n. 3, p.385-395, 2006.

TITMAN, S.; WESSELS, R. The determinants of capital structure choice. **Journal of Finance**, 43(1), 1-19. doi: 10.1111/j.1540-6261.1988.tb02585.x, 1998.